

坑内水平ボーリング削孔中における湧水圧の測定方法について

株式会社フジタ 技術センター 正会員 ○村山 秀幸, 丹羽 廣海
 国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所 正会員 伊東 佳彦, 岡崎 健治, 山崎 秀策

1. はじめに

水平ボーリング削孔中に湧水帯に遭遇し、その湧水圧を測定するためには、一時的に簡便な方法で孔口を閉塞して得られる水圧を便宜的に削孔区間の湧水圧としている。しかしながら、通常削孔作業中に限定された区間を完全に止水することは困難であり、簡易的な閉塞によって得られる湧水圧の信頼性が高いとは言い難い。

山岳トンネルでは突発性湧水による災害の防止、あるいは近年増加している防水型トンネルの設計パラメータ取得等を目的として、地山の湧水圧を簡便かつ精度高く測定することが求められていると言える。

本報では、トンネル坑内で実施した水平ボーリングにおいて、通常鉛直ボーリングで使用される湧水圧試験装置(JFT)を用いて、湧水帯における地山の区間湧水圧を簡便かつ正確に測定した事例について報告する。

2. 区間湧水圧の測定方法

図-1に、水平ボーリング孔での湧水圧試験装置(シングルパッカー)を用いた測定配置図を示す。水平ボーリング孔で湧水を測定するためには、エア抜きのため孔を下向きにする必要があり、今回は水平から5°下向きとした。また、削孔はロータリー式で行い、削孔径は通常の地質調査ボーリングで用いるφ66mmである。

測定手順としては、削孔中に湧水箇所を確認した段階で測定区間長(今回は4~5m)を設定し、エアパッカー設置箇所手前まで、③のケーシングパイプを延伸する。次に、湧水圧測定装置を⑤のエア抜きバルブが開の状態では孔内に挿入し、④の計測管に窒素ガスを注入し計測区間内の湧水を一度追い出す。その後①のエアパッカーを加圧し測定区間を止水する。湧水によって測定区間の窒素ガスが抜けた段階で⑤のエアバルブを閉め、②の水圧計(試験区間内外の2箇所)により湧水圧を測定する。初期段階でエア抜きが不十分と考えられる場合は、再度エアバルブの開閉を繰り返す。湧水量は、孔口において③のケーシングパイプを延伸した段階で測定(全湧水量)し、その後①のエアパッカー加圧後にパッカー手前区間の湧水量を測定した。

以上のボーリング削孔から湧水圧と湧水量の測定を1サイクルとして繰り返し作業を実施する。今回は、湧水圧測定後に、ボアホールTVによる孔壁観察も同時に実施している。よって、1サイクルの作業として、設置した湧水圧測定装置の撤去、ボアホールTV測定、コア採取を伴う削孔、ケーシングパイプ延伸、全湧水量測定、湧水圧測定装置の挿入とエアパッカー加圧、エアパッカー手間の湧水量測定、湧水圧の経時測定を実施し、ほぼ8時間以内で作業を完了した。湧水圧測定装置は夜間放置し、湧水圧を16時間以上連続測定した。

一方、区間湧水量は、湧水圧測定後(①のエアパッカー加圧状態)に⑤のエア抜きバルブを解放し、測定区間内外の水圧が0MPa(大気圧)となった状態における測定管からの湧水量が最も正確な値である。しかしながら、今回は計測管の径が細く、⑤のエア抜きバルブを解放しても水圧が大気圧まで低下しなかった。そこで、今回は、上記の作業手順における全湧水量とパッカー手前の湧水量の差を区間湧水量と定義し結果をまとめた。

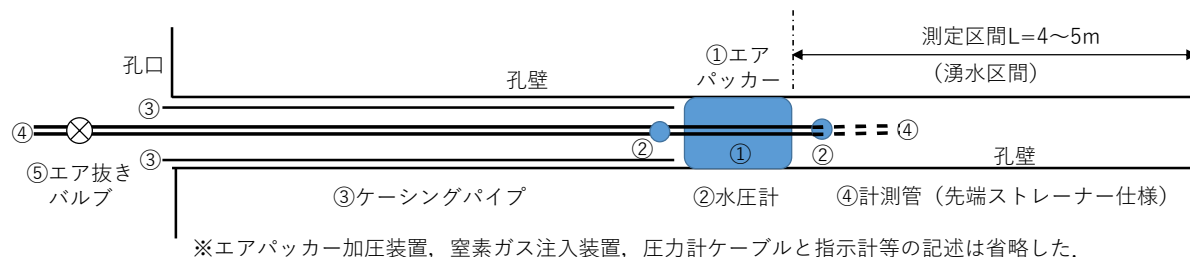


図-1 水平ボーリング孔における湧水圧測定装置(シングルパッカー)の配置

キーワード 山岳トンネル, 水平ボーリング, 湧水圧測定, 湧水量測定

連絡先 〒243-0125 神奈川県厚木市小野 2025-1 (株)フジタ 技術センター TEL:046-250-7095

3. 測定結果と考察

本水平ボーリングでは、深度 15m 付近から湧水帯に遭遇した。よって、その手前の深度 12m から深度 40m までの湧水発生区間において、削孔の進捗に合わせ測定区間を 5 箇所(区間長 5m を 3 箇所、4m を 2 箇所)設定し区間湧水圧と湧水量を測定した。

図-2 に、深度 22~27m 区間(区間長 5m)における湧水圧の初期変化と 18 時間経過した状態を示す。図より、今回の測定ではパッカー加压後数分で湧水圧がほぼ安定し、最終湧水圧との差は比較的小さかった。

図-3 に、各測定区間における最終湧水圧と湧水量を示す。図より、極端な差ではないが、湧水圧は深度 22~27m 区間(区間長 5m)で最大値 0.109MPa(測定区間からの水頭差約 11m)を示し、湧水量は深度 36~40m 区間(区間長 4m)で最大毎分 270 リットルとなり、両者が最大となる区間が一致しないことが分かる。

図-4 に、ボーリング柱状図とボアホール TV の孔壁観察から得られた割れ目の開口幅と頻度、および最大となる湧水圧と湧水量の区間を示す。図より、開口幅の大きな割れ目は深度 35~37m 付近に集中し、この区間の湧水量が多い現象と調和的である。次に、最大湧水圧となる深度 22~27m 区間は、開口幅が比較的小さい割れ目が多く、RQD も高い傾向があり、その結果、湧水の経路となる割れ目幅が狭く湧水圧が周辺よりやや高くなった可能性が示唆される。以上のように、割れ目の各種パラメータと湧水圧、湧水量を比較して考察した事例は少なく、岩盤の水理特性として非常に興味深いと言える。

4. おわりに

本稿では、トンネル坑内で実施した水平ボーリングの削孔作業中において、通常鉛直ボーリングで使用される湧水圧測定装置を用いること、および削孔と測定の作業サイクルを工夫することによって、簡便かつ正確に湧水帯における地山の区間湧水圧を測定する手法とその測定結果について述べ、併せて地山の水理特性を考察した。

今回の測定において区間湧水量の算出方法には、いくつかの考え方がありその相違点については今後報告したい。最後に、本手法の作業サイクルタイムが蓄積され、汎用的な湧水調査手法として普及することを期待する。

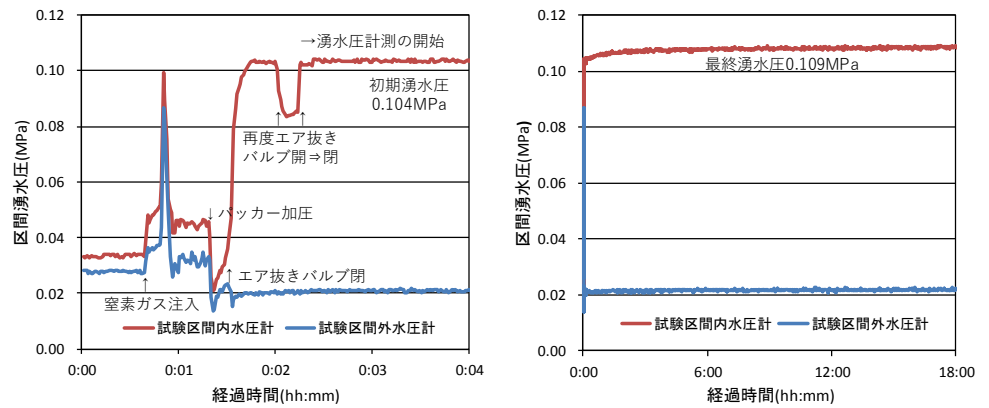


図-2 深度 22~27m 区間における湧水圧の経時変化

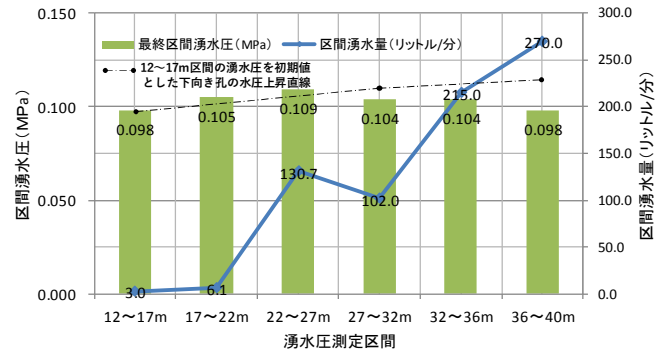


図-3 各測定区間における最終湧水圧と湧水量

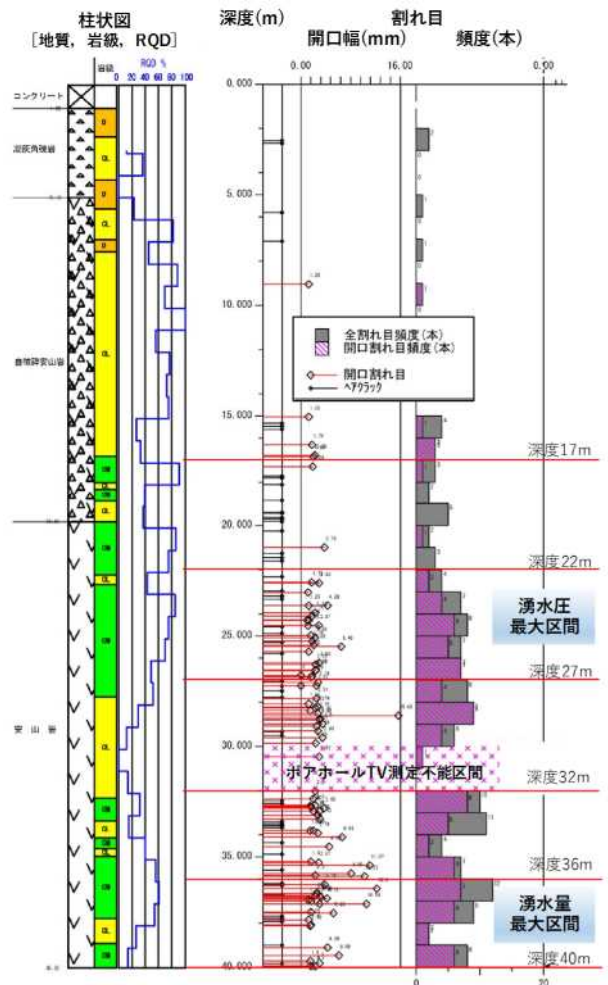


図-4 ボーリング柱状図とボアホール TV による割れ目の開口幅と頻度および最大湧水圧・湧水量区間の位置関係